

清洁生产 实用教程

(第二版)

鲍建国 编著
周发武



**PRACTICAL COURSE
ON CLEANER PRODUCTION**

中国环境出版社

014059434

X383
16-2

国家自然科学基金项目 (项目批准号: 41373083)

深圳市战略新兴产业发展专项资金项目 (项目号: JCYJ20130401154122777)

地下水污染与防治国家精品资源共享课程专项资助

清洁生产实用教程

(第二版)

鲍建国 周发武 编著



X383
16-2

中国环境出版社·北京



北航

C1745705

图书在版编目(CIP)数据

清洁生产实用教程/鲍建国,周发武编著.—2版.—北京:中国环境出版社,2014.8
(高等院校环境类系列教材)
ISBN 978-7-5111-2033-5

I. ①清… II. ①鲍…②周… III. ①无污染工艺—高等学校—教材 IV. ①X383

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第174162号

出版人 王新程
责任编辑 黄晓燕 李兰兰
责任校对 唐丽虹
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (环评与监察图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2014年8月第1版
印 次 2014年8月第1次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 30
字 数 570千字
定 价 38.00元

【版权所有。未经许可,请勿翻印、转载,违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社更换

本书编写委员会

主 编 鲍建国 周发武

副主编 杨志华 彭云龙 陈志权 李 娴 房 飞

周 军 洪 岩 王升泉 张 楚 刘 俊

郭永龙 李伟平 李基明

编 委 张洪波 陈小龙 胡 为 徐 芬 黄思萌

李星星 宁 柱 安继军 董一慧 黄高凯

李佳乐 刘懿颀 路亚男 张 寅

前 言

今天的人类，在享受社会发展带来的成果的同时，也承担着自然界对贪婪无度的万物之灵的惩罚。在反思自身发展的行程中，人类不断探索新的技术和方法，以达到人与自然的和谐相处。清洁生产就是一种重要的创新思想，它将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中，以提高生态效率，降低对人类及环境的风险，是建设节约型社会和发展循环经济的重要保障和有效方法。因此，清洁生产既是经济可持续发展的一项重要战略，也是一种新型的污染预防战略，它实现了污染控制由末端治理向生产全过程控制的根本转变。

清洁生产是一项新生事物，在我国仍处于起步阶段，但国内外实践已经证明清洁生产不仅环境效益良好，而且经济效益和社会效益显著，它将成为 21 世纪工业发展的新模式。推行清洁生产既是我国落实环境保护的基本国策，也是实施可持续发展战略，探索经济、社会、环境和资源相互协调的最佳途径。

本书编者自 2004 年以来，一直从事清洁生产的教学、审核以及验收工作，对清洁生产的内涵有较深刻的认识，积累了较丰富的教学和实践经验。编写本书旨在全面系统地介绍清洁生产的产生和发展，详述其基本理论、基本概念、法律法规、审核方法、典型行业的审核案例，以图使本书从理论到实践自成一个完整的知识体系，以促进清洁生产的推广和应用。

本书共有九章。第一章概述了清洁生产的产生、发展、基本要素及其相关工具和开展意义；第二章通过与末端治理的比较介绍了可持续发

展、循环经济、产品生命周期及环境管理体系;第三章介绍了《清洁生产促进法》等相关法规和清洁生产指南等内容;第四章全面描述了清洁生产标准与评价指标体系;第五章和第六章介绍了清洁生产审核的基本原理、过程和方法,分步骤、分阶段介绍了审核的具体过程和要求;第七章简述了清洁生产的相关科学方法;第八章结合具有代表性的案例描述了不同产业的清洁生产审核过程、方法及成效;第九章简要介绍了快速清洁生产审核的意义、方法及基本要求等。

本书具有较强的理论性、实践性和可读性,可供初学者和高级管理、技术人员全面学习和理解清洁生产的实质;并可作为从事清洁生产的企业、环境保护管理人员、技术人员和大专院校本科生、研究生的教学、培训参考用书和实用手册。

本书在编写过程中,参考引用了大量相关书籍、期刊文献、相关网站的资料,主要部分已经列入了本书的参考文献目录,其他文献由于篇幅所限没能详细列出。编者在此对本书参考引用到的所列和未列出的相关文献目录的作者表示衷心的感谢,对你们的辛勤劳动成果表示敬意!

由于编者水平有限,书中的错误和疏漏之处在所难免,敬请专家、学者和广大读者批评指正。作者邮箱:bjanguo888@126.com。

编者

2010年1月

第二版前言

本书第一版自2010年1月出版以来,深受读者的广泛欢迎,被许多高等院校环境类专业选作本科生、研究生教材,相关专业咨询机构的科技人员、进行清洁生产审核的企事业单位员工和管理者以及环境保护主管部门的相关管理者也选用本书作为参考书和培训教材。

近几年来,清洁生产理念在世界范围内更加深入人心,并将清洁生产思想落实于实际环境保护工作中,取得了长足的进展。中华人民共和国第十一届全国人民代表大会常务委员会第二十五次会议于2012年2月29日通过了《全国人民代表大会常务委员会关于修改〈中华人民共和国清洁生产促进法〉的决定》,并于2012年7月1日起施行。这是中国清洁生产发展进程中的一个重要里程碑,标志着源头预防、全过程控制的战略已经融入经济发展综合策略,必将对我国推进清洁生产、促进经济发展方式转变和环境改善产生深远影响。

为了及时地反映清洁生产领域的最新进展,提高在教学和实践中的实用性,本书在第一版的基础上进行了修订。本次修订,重点是更新我国在清洁生产领域的法律、法规、标准、规范,增补替换部分清洁生产审核案例;其次是补充完善国内外的进展及动态。

本书在修订过程中,参考引用了大量相关书籍、期刊文献、相关网站的资料,主要部分已经列入了本书的参考文献目录,其他文献由于篇幅所限没能列出。本书编者在此对本书参考引用到的列出和未列出相关文献的作者表示衷心的感谢,对你们的辛勤劳动成果表示敬意!如果有任何异议,请与本书编者联系并协商解决。

目 录

第一章 清洁生产概述.....	1
第一节 清洁生产的由来.....	1
第二节 清洁生产的发展.....	5
第三节 清洁生产理念.....	14
第四节 清洁生产的作用.....	20
第五节 开展清洁生产的意义.....	22
第六节 清洁生产的实施.....	24
第七节 清洁生产工具.....	39
第二章 清洁生产的理论基础.....	44
第一节 可持续发展.....	44
第二节 循环经济.....	56
第三节 产品生命周期.....	78
第四节 环境管理体系.....	88
第三章 清洁生产的法律法规.....	102
第一节 中国清洁生产相关法规进展.....	102
第二节 清洁生产相关政策.....	105
第三节 重要法规解读.....	107
第四节 完善清洁生产法规、政策.....	119
第五节 清洁生产指南.....	120
第四章 清洁生产标准与评价指标体系.....	124
第一节 清洁生产标准.....	124
第二节 清洁生产评价.....	131
第三节 清洁生产评价指标体系.....	138

第五章 清洁生产审核理念	152
第一节 清洁生产审核的概念.....	152
第二节 清洁生产审核的目的.....	153
第三节 清洁生产审核的原则.....	154
第四节 清洁生产审核的特点.....	158
第五节 清洁生产审核原理.....	159
第六节 清洁生产审核的要点.....	162
第七节 清洁生产审核的对象和作用.....	163
第八节 自愿性审核与强制性审核.....	164
第九节 清洁生产的审核技巧.....	168
第六章 清洁生产审核程序	172
第一节 审核准备.....	175
第二节 预审核.....	181
第三节 审核.....	191
第四节 实施方案的产生和筛选.....	202
第五节 实施方案的确定(可行性分析).....	209
第六节 方案实施.....	215
第七节 持续清洁生产.....	220
第七章 清洁生产相关科学方法	225
第一节 生态设计.....	225
第二节 绿色化学.....	232
第三节 创新模式.....	238
第八章 清洁生产审核案例	241
第一节 UNEP 实施清洁生产工作程序.....	241
第二节 某炼油企业清洁生产审核范例.....	246
第三节 某汽车公司清洁生产审核范例.....	266
第四节 某化肥企业清洁生产审核案例.....	287
第五节 某化工公司清洁生产审核案例.....	296
第六节 某商贸超市清洁生产审核案例.....	334
第七节 某酒店清洁生产审核案例.....	350
第八节 某制衣有限公司清洁生产审核案例.....	367

第九节 某制鞋企业清洁生产审核案例.....	387
第十节 某胶黏剂企业清洁生产审核案例.....	408
第十一节 某建材有限公司清洁生产审核案例.....	420
第十二节 某五金电子有限公司清洁生产审核案例.....	431
第十三节 某电镀公司清洁生产审核案例.....	440
第九章 快速清洁生产审核.....	452
第一节 快速清洁生产审核的意义.....	452
第二节 快速清洁生产审核的内容与方法.....	453
第三节 快速清洁生产审核的适用范围.....	458
第四节 完成快速清洁生产审核的基本要求.....	459
第五节 结 论	459
第六节 清洁生产快速审核报告要求.....	460
参考文献	462
附录 清洁生产审核常用名词解释.....	464

第一章

清洁生产概述

第一节 清洁生产的由来

一、工业污染治理所面临的问题

环境问题自古以来一直伴随着人类文明的进程，但近代开始趋于严重。尤其是在 20 世纪，随着科技与生产力水平的提高，人类干预自然的能力大大增强，社会财富迅速膨胀，环境污染日益严重。世界上许多国家因经济高速发展而造成了严重的环境污染和生态破坏，并导致了一系列举世震惊的环境公害事件，如日本的水俣病事件，就对人体健康造成极大危害，并使生态环境受到严重破坏。到了 20 世纪 80 年代后期，环境问题已由局部性、区域性发展成为全球性的生态危机，如酸雨、臭氧层破坏、温室效应（气候变暖）、生物多样性锐减、森林破坏等，已经危及人类的生存。

环境问题逐渐引起各国政府的极大关注，各国陆续采取了相应的环保措施和对策。例如增大环保投资、建设污染控制和处理设施、制定污染物排放标准、实行环境立法等，以控制和改善环境污染问题，并取得了一定的成绩。但是通过十多年的实践人们发现：这种仅着眼于控制排污口（末端），使排放的污染物通过治理达标排放的办法，虽然在一定时期内或在局部地区起到一定的作用，但并未从根本上解决工业污染问题。其原因在于：

第一，随着生产的发展和产品品种的不断增加，以及人们环境意识的提高，对工业生产所排污染物的检测种类越来越多，规定控制的污染物（特别是有毒有害污染物）的排放标准也越来越严格，从而对污染治理与控制的要求也越来越高，为达到排放的要求，企业要花费大量的资金，大大提高了治理费用，即使如此，一些要求还是难以达到。

第二，由于污染治理技术有限，治理污染实质上很难达到彻底消除污染的目的。

的。因为一般末端治理污染的办法是先通过必要的预处理,再进行生化处理后排放。而有些污染物是不能生物降解的污染物,只是稀释排放,不仅污染环境,甚至有的如果治理不当还会造成二次污染;有的治理只是将污染物转移,废气变废水,废水变废渣,废渣堆放填埋,污染土壤和地下水,形成恶性循环,破坏生态环境。

第三,只着眼于末端处理的办法,不仅需要投资,而且使一些可以回收的资源(包含未反应的原料)因得不到有效的回收利用而流失,致使企业原材料消耗和产品成本增加,经济效益下降,从而影响企业治理污染的积极性和主动性。

第四,实践证明:预防优于治理。根据日本环境厅1991年的报告,从经济上计算,在污染前采取防治对策比在污染后采取措施治理更为节省。例如就整个日本的硫氧化物所造成的大气污染而言,排放后不采取对策所产生的受害金额是现在预防这种危害所需费用的10倍。对水俣病而言,其推算结果则为100倍。可见两者之差极为悬殊。

据美国EPA统计,美国用于空气、水和土壤等环境介质污染控制的总费用(包括投资和运行费),1972年为260亿美元(占GNP的1%),1987年猛增至850亿美元,20世纪80年代末达到1200亿美元(占GNP的2.8%)。如杜邦公司每磅^①废物的处理费用以每年20%~30%的速率增加,焚烧一桶危险废物可能要花费300~1500美元。即使如此之高的经济代价仍未能达到预期的污染控制目标,末端处理在经济上已不堪重负。

因此,发达国家通过治理污染的实践,逐步认识到防治工业污染不能只依靠治理排污口(末端)的污染,要从根本上解决工业污染问题,必须“预防为主”,将污染物消除在生产过程之中,实行工业生产全过程控制。20世纪70年代末期以来,不少发达国家的政府和各大企业集团(公司)都纷纷研究开发和采用清洁工艺(少废、无废技术),开辟污染预防的新途径,把推行清洁生产作为经济和环境协调发展的一项战略措施。

20世纪80年代以来,随着改革开放的不断深化,我国经济发展很快,各条战线都取得了显著的成就。1991年国民生产总值比1980年增加1.24倍。90年代以来,中国经济以每年10%左右的速度稳定持续增长。经济的高速增长,城市化进程的加快,各种资源的开发和消耗不断增加,给环境带来了很大的影响。根据1994年中国环境状况公报(不包括乡镇工业),全国废气排放量11.4万亿 m^3 , SO_2 排放量达1825万t。全国普遍存在酸雨的污染问题,某些城市如长沙、赣州和宜宾等地酸雨的出现频率达90%,部分地区已被列为世界三大酸雨区之一。1994年,全国废水总排放量365.3亿t,其中工业废水排放量215.5亿t,占废水排放总量的

① 1磅=0.4536 kg。

58.99%，目前仅有不足 10% 的城市废水和 35% 的工业废水进行了适当的处理，绝大部分未经处理就直接排放。尤其是乡镇企业的废水直接排入江河，对水系造成严重污染。在全国七大水系和内陆河流水质评价的 110 个重点河流中，属于 4、5 类标准的已占 39%。江河水质污染的类型为有机污染。

工业固体废弃物一年产生 6.2 亿 t，历年堆积量已达 64.6 亿 t，堆存占地 55 697 hm²。全国草原退化、沙化、盐碱化发展趋势很快，严重退化面积 9 000 多万 hm²，占可利用草场面积的 1/3 以上。每年由于污染造成的经济损失在 1 000 亿元以上，社会因环境污染而造成的经济损失已达到了难以承受的地步。

从资源承载能力来看，我国是一个人口密度高、人均资源贫乏的国家，按目前水平，我国人均土地和水资源占有量只有世界人均的 1/3 和 1/4，人均矿产资源不足世界平均水平的 1/2。随着人口增长和国民经济的发展，各种资源供给和社会需求的矛盾还将会进一步加剧。

上述情况表明，如果我国仍以传统的高消耗、低产出、高污染的生产方式来维持经济的高速增长，将会使环境状况进一步恶化，也会使有限的资源加速耗竭。环境和资源所承受的压力反过来对社会经济的发展会产生严重的制约作用，使经济增长现象成为短期行为，难以为继。所以转变传统的发展模式，实现经济与环境的协调发展的历史任务，已经摆在我们面前。

二、工业发展与污染历程

自工业革命到 20 世纪 40 年代，人类对自然资源与能源的合理利用缺乏认识，对工业污染控制技术缺乏了解，以粗放型生产方式生产工业产品，造成自然资源与能源的巨大浪费，由此引起的工业废气、废水和废渣主要靠自然环境的自身稀释和自净化能力消化。这种“稀释排放”方式对污染物毒性未加处理，数量也未加控制，引起了较为严重的环境污染。

进入 20 世纪 60 年代，西方工业国家开始关注环境问题，并纷纷采用“废物处理”技术进行大规模的环境治理，即对生产中产生的各类废弃物采取一定的技术方法处理，使之达到一定的排放标准后再排入环境。这种“先污染、后治理”的“末端治理”模式虽然取得了一定的环境效果，但并没有从根本上解决经济高速发展对资源和环境造成的巨大压力，资源短缺、环境污染和生态破坏的局面日益加剧。“末端治理”的环境战略的弊端日益显现：治理代价高，企业缺乏治理污染的主动性和积极性；治理难度大，并存在污染转移的风险；无助于减少生产过程中资源的浪费。

20 世纪 70 年代中后期，西方工业国家开始探索如何在生产工艺过程中减少污染的产生，并逐步形成了废物循环回收利用、废物最小量化、源头削减、采用

无废和少废工艺、污染预防等新的污染防治战略。

进入 20 世纪 80 年代,人们回顾了过去几十年工业生产与环境管理实践,深刻认识到“稀释排放”“废物处理”“循环回收利用”等“先污染、后治理”的污染防治方法不但不能解决日益严重的环境问题,反而继续造成自然资源和能源资源的巨大浪费,加重了环境污染和社会负担。因此,发达国家通过治理污染的实践,逐步认识到防治工业污染不能只依靠治理排污口(末端)的污染,必须“预防为主”,将污染物消除在生产过程之中,实行工业生产全过程控制。1989 年,联合国环境规划署为促进工业可持续发展,在总结工业污染防治正、反两方面经验教训的基础上,首先提出清洁生产的概念,并制订了推行清洁生产的行动计划。1990 年在第一次国际清洁生产高级研讨会上,清洁生产的定义正式提出。1992 年,联合国环境与发展大会通过了《里约宣言》和《21 世纪议程》,会议号召世界各国在促进经济发展的进程中,不仅要关注发展的数量和速度,而且要重视发展的质量和持久性。大会呼吁各国调整生产和消费结构,广泛应用环境无害技术和清洁生产方式,节约资源和能源,减少废物排放,实施可持续发展战略。在这次会议上,清洁生产正式写入《21 世纪议程》,并成为通过预防来实现工业可持续发展的专用术语。从此,清洁生产在全球范围内逐步推行。清洁生产与末端治理的对比见表 1-1。

表 1-1 清洁生产与末端治理的对比

类别	清洁生产系统	末端治理(不含综合利用)
思考方法	污染物消除在生产过程中	污染物产生后再处理
产生时代	20 世纪 80 年代末期	20 世纪 70—80 年代
控制过程	生产过程控制,产品生命周期全过程控制	污染物达标排放控制
控制效果	比较稳定	产污量影响处理效果
产污量	明显减少	无显著变化
排污量	减少	减少
资源利用率	增加	无显著变化
资源消耗	减少	增加(治理污染消耗)
产品产量	增加	无显著变化
产品成本	降低	增加(治理污染费用)
经济效益	增加	减少(用于治理污染)
治理污染费用	减少	随排放标准的逐渐严格,费用增加
污染转移	无	有可能
目标对象	全社会	企业及周围环境

与过去相比,中国工业污染防治战略目前正在发生重大变化,逐步从末端治理向源头和全过程控制转变,从浓度控制向总量和浓度控制相结合转变,从点源治理向流域和区域综合治理转变,从简单的企业治理向调整产业结构、清洁生产和发展循环经济转变。图 1-1 说明了人类污染防治战略发展的历程。

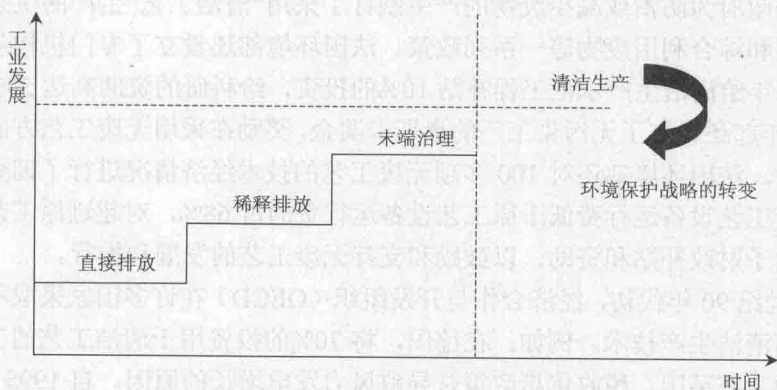


图 1-1 污染防治历程

第二节 清洁生产的发展

一、国际清洁生产进展

清洁生产起源于 1960 年美国化学行业的污染预防审计。而“清洁生产”概念的出现,最早可追溯到 1976 年。当年,欧共体在巴黎举行了“无废工艺和无废生产国际研讨会”,会上提出“消除造成污染的根源”的思想。1979 年 4 月欧共体理事会宣布推行清洁生产政策,并于同年 11 月在日内瓦举行的“在环境领域内进行国际合作的全欧高级会议”上,通过了《关于少废无废工艺和废料利用的宣言》,指出无废工艺是使社会和自然取得和谐关系的战略方向和主要手段。此后,欧共体陆续多次召开国家、地区性或国际性的研讨会,并在 1984 年、1985 年、1987 年由欧共体环境事务委员会三次拨款支持建立清洁生产示范工程,制订了欧共体促进开发“清洁生产”的两个法规,明确对清洁工艺生产工业示范工程提供财政支持。欧共体还建立了信息情报交流网络,其成员国可由该网络得到有关环保技术及市场信息的情报。1989 年 5 月,联合国环境规划署工业与环境规划活动中心(UNEP IE/PAC)根据 UNEP 理事会会议的决议,制订了《清洁生产计划》,在全

球范围内推进清洁生产。该计划的主要内容之一为组建两类工作组：一类为制革、造纸、纺织、金属表面加工等行业的清洁生产工作组；另一类则是组建清洁生产政策及战略、数据网络、教育等业务工作组。该计划还强调要面向政界、工业界、学术界人士，提高他们的清洁生产意识，教育公众，推进清洁生产的行动。

法国政府为防治或减少废物的产生制订了采用“清洁工艺”生产的生态产品及回收利用和综合利用废物等一系列政策。法国环境部还设立了专门机构从事这一工作，每年给清洁生产示范工程补贴 10% 的投资，给科研的资助高达 50%。法国从 1980 年起还设立了无污染工厂的奥斯卡奖金，奖励在采用无废工艺方面做出成绩的企业。法国环境部还对 100 多项无废工艺的技术经济情况进行了调查研究，其中无废工艺设备运行费低于原工艺设备运行费的占 68%，对超过原工艺设备运行费的给予财政补贴和资助，以鼓励和支持无废工艺的发展和推行。

20 世纪 90 年代初，经济合作与开发组织 (OECD) 在许多国家采取不同措施鼓励采用清洁生产技术。例如：在德国，将 70% 的投资用于清洁工艺的工厂可以申请减税。在英国，税收优惠政策是导致风力发电增长的原因。自 1995 年以来，经合组织国家的政府开始把它们的环境战略针对产品而不是工艺，以此为出发点，引进生命周期分析，以确定在产品寿命周期（包括制造、运输、使用和处置）中的哪一个阶段有可能削减或替代原材料投入和最有效并以最低费用消除污染物和废物。这一战略刺激和引导生产商和制造商以及政府政策制定者去寻找更富有想象力的途径来实现清洁生产和产品。

全面推行清洁生产的实践始于美国。1984 年，美国国会通过了《资源保护与回收法——固体及有害废物修正案》。该法案明确规定：废物最小化即“在可行的部位将有害废物尽可能地削减和消除”是美国的一项国策，它要求产生有毒有害废弃物的单位应向环境保护部门申报废物产生量、削减废物的措施、废物的削减数量，并制订本单位废物最少化的规划。其中，基于污染预防的源削减和再循环被认为是废物最小化对策的两个主要途径。

在废物最小化成功实践的基础上，1990 年 10 月美国国会又通过了《污染预防法》，从法律上确认了：污染首先应当削减或消除在其产生之前，污染预防是美国的一项国策。时任总统布什针对这一法律发表讲话时指出：“着力于管道末端和烟囱顶端，着力于清除已经造成的损害，这样的环境计划已不再适用。我们需要新的政策、新的工艺、新的过程，以便能预防污染或使污染减至最小，亦即在污染产出之前即加以制止。”

《污染预防法》明确指出：“源削减与废物管理和污染控制有原则区别，且更尽如人意。”并全面表明了美国环境污染防治战略的优先顺序是“污染物应在源处尽可能地加以预防和削减；未能防止的污染物应尽可能地以对环境安全的方式进